

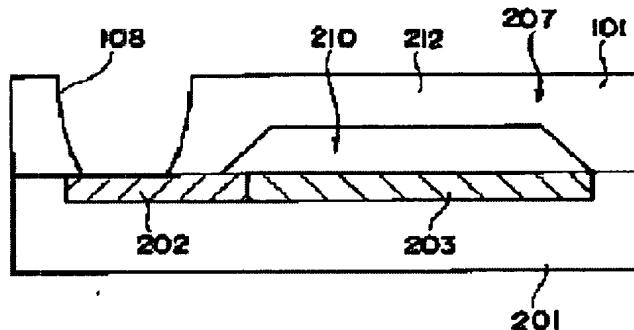
# INFRARED SENSOR AND MANUFACTURE THEREOF

**Patent number:** JP6249708  
**Publication date:** 1994-09-09  
**Inventor:** IWASAKI YASUKAZU; UCHIYAMA MAKOTO  
**Applicant:** NISSAN MOTOR  
**Classification:**  
- **International:** G01J1/02; G01J1/04; H01L37/00; G01J1/02; G01J1/04;  
H01L37/00; (IPC1-7): G01J1/02; G01J1/04; H01L37/00  
- **European:**  
**Application number:** JP19930033719 19930223  
**Priority number(s):** JP19930033719 19930223

[Report a data error here](#)

## Abstract of JP6249708

**PURPOSE:** To enhance mass productivity while reducing manpower by realizing a preassembly of an infrared filter and a semiconductor substrate formed with an infrared detecting part. **CONSTITUTION:** The infrared sensor comprises a semiconductor substrate 201 formed with an infrared detecting part 203 and an infrared filter part 212 for introducing infrared rays to the infrared detecting part 203 wherein the infrared filter part 212 is constituted of a silicon substrate 101 provided integrally on the surface of the semiconductor substrate 201. A cavity 210 is formed in a region corresponding to the infrared guide path from the infrared filter part 212 to the infrared detecting part 203 for at least one of the silicon substrate 101 and semiconductor substrate 201.



(19)日本国特許庁 (JP)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-249708

(43)公開日 平成6年(1994)9月9日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 J 1/02	B 7381-2G			
1/04	B 7381-2G			
H 0 1 L 37/00	8832-4M			

審査請求 未請求 請求項の数 5 O.L (全 10 頁)

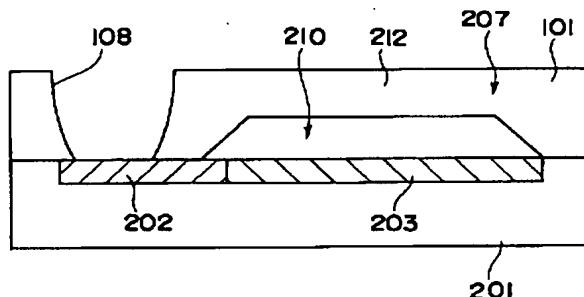
(21)出願番号 特願平5-33719	(71)出願人 日産自動車株式会社 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
(22)出願日 平成5年(1993)2月23日	(72)発明者 岩崎 靖和 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産 自動車株式会社内
	(72)発明者 内山 誠 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産 自動車株式会社内
	(74)代理人 弁理士 永井 冬紀

(54)【発明の名称】赤外線センサおよびその製造方法

## (57)【要約】

【目的】赤外線検出部が形成された半導体基板と赤外線フィルタとのプリアッセンブリを実現することにより、工数を低下して量産性の向上を図る。

【構成】赤外線検出部203が形成された半導体基板201と、赤外線検出部203へ赤外光を導く赤外線フィルタ部212とを備えた赤外線センサにおいて、半導体基板201の表面に一体に設けられたシリコン基板101により赤外線フィルタ部212を構成し、かつ、シリコン基板101および半導体基板201の少なくとも一方に、赤外線フィルタ部212から赤外線検出部203への赤外線導光路に対応する領域に空洞210を形成した。



101 : 第2のシリコン基板  
102 : 第1のシリコン基板  
203 : 赤外線検出部  
210 : 空洞  
212 : 赤外線フィルタ部

### 【特許請求の範囲】

【請求項1】 赤外線検出部が形成された半導体基板と、  
前記赤外線検出部へ赤外光を導く赤外線フィルタ部とを備えた赤外線センサにおいて、  
前記赤外線フィルタ部は、前記半導体基板の表面に一体に設けられたシリコン基板からなり、  
前記シリコン基板および前記半導体基板の少なくとも一方には、前記赤外線フィルタ部から前記赤外線検出部への赤外線導光路に対応する領域に空洞が形成されていることを特徴とする赤外線センサ

【請求項2】 請求項1に記載の赤外線センサにおいて、前記空洞の内部は略真空状態にされていることを特徴とする赤外線センサ。

【請求項3】 請求項1または2に記載の赤外線センサにおいて、前記赤外線フィルタ部の表面には、このフィルタ部における赤外線の反射率低減のための反射防止膜が設けられていることを特徴とする赤外線センサ。

【請求項4】 請求項1、2および3のうちいずれかの請求項に記載の赤外線センサにおいて、前記赤外線フィルタ部の厚さは、次式により定められていることを特徴とする赤外線センサ。

$$ds_i = m \cdot \lambda / (2 \pi s_i)$$

(但し  $d_{Si}$  : 赤外線フィルタ部の厚さ)

$\lambda$  : 赤外線検出部により検出される赤外線の波長

n<sub>Si</sub> : シリコンの屈折率

m : 自然数)

【請求項5】 請求項1、2、3および4のうちいずれかの請求項に記載の赤外線センサを製造する方法であつて、  
半導体基板の裏面に赤外線検出部を形成する工程と、  
前記半導体基板の表面にシリコン基板を積層する工程  
と、  
前記赤外線検出部と前記シリコン基板との間の前記半導  
体基板を除去して前記赤外線検出部の赤外線入射側に空  
洞を形成する工程とを備えたことを特徴とする赤外線セ  
ンサの製造方法。

#### 【発明の詳細な説明】

[0001]

【産業上の利用分野】本発明は、赤外線の有無あるいはその強弱を検出するための赤外線センサおよびその製造方法に関し、特に、組立および実装の手間を低減したものである。

[0002]

【従来の技術】図13は、従来の赤外線センサの一例を示す断面図である。図において、1はその一部に赤外線検出部が形成された半導体基板、2はこの半導体基板1が内部に実装されたカンパッケージであり、このカンパ

ッケージ2の上部には、赤外線以外の不要な光線を遮光する赤外線フィルタ3が固定された窓部2aが形成されている。半導体基板1は、いわゆるワイヤボンディング技術により、カンパッケージ2の下部から突出するピン4にワイヤ5を介して電気的に接続されている。

[0003]

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した従来の赤外線センサにあっては、赤外線検出部が形成された半導体基板1と赤外線フィルタ3とが別体に構成され、個別にカンパッケージ2に固定されていたので、赤外線センサの組立（実装）行程時においてここにカンパッケージ2に固定して組み立てる必要があり、工数が多くなって量産性に難がある、という問題があった。また、半導体基板1を直接配線用の基板上に実装する、いわゆるCOB（Chip On Board）実装により赤外線センサを実装する場合には、別に赤外線フィルタ3をこの半導体基板1上方に固定する治具が必要となり、この場合でも工数が多くなって量産性に難がある、という問題があつた。

【0004】本発明の目的は、赤外線検出部が形成された半導体基板と赤外線フィルタとのブリアッセンブリを実現することにより、工数を低下して量産性の向上を図ることの可能な赤外線センサおよびその製造方法を提供することにある。

[0005]

【課題を解決するための手段】一実施例を示す図1および図10に対応付けて説明すると、本発明は、赤外線検出部203が形成された半導体基板201と、前記赤外線検出部203へ赤外光を導く赤外線フィルタ部212とを備えた赤外線センサに適用され、そして、上述の目的は、前記半導体基板201の表面に一体に設けられたシリコン基板101により前記赤外線フィルタ部212を構成し、かつ、前記シリコン基板101および前記半導体基板201の少なくとも一方に、前記赤外線フィルタ部212から前記赤外線検出部203への赤外線導光路に対応する領域に空洞210を形成することにより達成される。また、請求項2の発明は、請求項1に記載の赤外線センサにおいて、前記空洞210の内部を略真空状態にしたものである。また、請求項3の発明は、請求

項1または2に記載の赤外線センサにおいて、前記赤外線フィルタ部212の表面に、このフィルタ部212における赤外線の反射率低減のための反射防止膜270を設けたものである。さらに、請求項4の発明は、請求項1、2および3のいずれかに記載の赤外線センサにおいて、前記赤外線フィルタ部212の厚さを次式により定めたようなものである。

$$ds_i = m \cdot \lambda / (2 \pi s_i)$$

(但し  $d_{Si}$  : 赤外線フィルタ部の厚さ)

$\lambda$  : 赤外線検出部により検出される赤外線の波長

n<sub>Si</sub> : シリコンの屈折率

m : 自然数)

そして、請求項5の発明は、請求項1、2、3および4のうちいずれかの請求項に記載の赤外線センサを、半導体基板401の裏面に赤外線検出部411を形成する工程と、前記半導体基板401の表面にシリコン基板404を積層する工程と、前記赤外線検出部411と前記シリコン基板404との間の前記半導体基板401を除去して前記赤外線検出部411の赤外線入射側に空洞409を形成する工程とから製造する方法である。

#### 【0006】

##### 【作用】

###### —請求項1—

赤外線検出部203が形成された半導体基板201の表面には、赤外線フィルタ部212として作用するシリコン基板101が一体に設けられているので、いわば赤外線フィルタがプリアッセンブリされた状態の赤外線センサを実現することができる。

###### —請求項2—

赤外線検出部203は、内部が略真空状態にされた空洞210に接しており、すなわち、赤外線検出部203の赤外線入射側が真空層とされている。

###### —請求項3—

反射防止膜270は、空気／シリコン界面における反射損失を低下させ、赤外線フィルタ部212全体での赤外線の減衰を低下させる。

###### —請求項4—

赤外線フィルタ部212の厚さが波長の1/2の整数倍とされることにより、この赤外線フィルタ部212内の反射波と透過波とが強め合うようにこれらを重畳させて赤外線フィルタ部212全体での赤外線の減衰を低下させる。

【0007】なお、本発明の構成を説明する上記課題を解決するための手段と作用の項では、本発明を分かり易くするために実施例の図を用いたが、これにより本発明が実施例に限定されるものではない。

#### 【0008】

##### 【実施例】

###### —第1実施例—

図1は、本発明による赤外線センサの第1実施例を示す断面図である。図において、201は第1のシリコン基板であり、この第1のシリコン基板201の表面には、赤外線を選択的に検出する赤外線検出部203と、この赤外線検出部203からの出力電圧を取り出す電極部202とが形成されている。赤外線検出部203の構成は周知のものから適宜選択すればよく、一例として、カンチレバー部の先端に形成した赤外線吸収部により赤外線を吸収し、これを熱に変換して赤外線量を検出するような構成が挙げられる(P. M. Sarro et. al., TRANSDUCE RS' 87, pp. 227~230参照)。

【0009】101は第1のシリコン基板201の上に 50

設けられた第2のシリコン基板であり、この第2のシリコン基板101は第1のシリコン基板201の表面に直接接合、接着されて固着されている。また、第2のシリコン基板201の赤外線検出部203の上方に位置する第1のシリコン基板101は、その下面が削られてダイヤフラム部207とされている。ダイヤフラム部207の下方に形成された第1のシリコン基板201との間の空洞210は、その内部がほぼ真空とされている。同様に、電極部202の上方に位置する第1のシリコン基板101には電極取り出し用のスルーホール108が形成されている。

【0010】第1のシリコン基板201と第2のシリコン基板101を接合、接着する手法は周知のものから適宜選択すれば良い。一例として、低融点ガラスを用いたアーディックボンディング法、フリットガラス等のセラミック系接着剤、半田等の金属系接着剤、有機系接着剤等を用いたろう接、あるいはシリコン基板同士を直接熱圧着する手法等が挙げられる。

【0011】シリコンは、透過波長域が1.2~1.5μmの優れた赤外線透過材料であり、上述のダイヤフラム部207のうち膜厚の薄い領域は、赤外光以外の不要な光を遮光する赤外線フィルタ部212として作用する。ただし、シリコンはこの赤外線領域における屈折率が大きく、赤外線フィルタ部212の膜厚を考慮しない場合にはこのフィルタ部212での反射損失が大きくなってしまう。例えば、フィルタ部212に光線が垂直入射した場合、空気／シリコンの界面での反射損失は、

$$\text{【数1】反射損失} = ((n_{Si} - n_0) / (n_{Si} + n_0))^2 \\ ((3.43-1) / (3.43+1))^2 = 0.30$$

(n<sub>Si</sub> : シリコンの赤外域での屈折率=3.43

n<sub>0</sub> : 大気の赤外域での屈折率 = 1 )

であり、入射赤外光の30%は空気／シリコンの界面で反射されてしまうことになる。従って、フィルタ部212の膜厚を

$$\text{【数2】} n_{Si} \cdot d_{Si} = (\lambda / 2) \cdot m \\ (n_{Si} : シリコンの赤外域での屈折率 \quad d_{Si} : フィルタ部の膜厚$$

λ : 使用する赤外光の波長 \quad m : 自然数  
)

を満たすように設計、製作すれば、フィルタ部212全体での反射損失を低減することができる。例えば、人間の近接を感知する赤外線センサであれば、人間の体温における黒体輻射のピーク波長である10μm程度の赤外線を検出する必要があるので、λ=10μmとすれば、

$$d_{Si} = (\lambda / 2 \cdot n_{Si}) \cdot m \quad (m = 1, 2, 3, \dots) \\ = 1.46 \mu m, 2.92 \mu m, 4.37 \mu m, \dots$$

なるダイヤフラム部207を製作すればよい。

【0012】次に、図2～図3を参照して、本実施例の赤外線センサの製造方法について説明を行う。まず、第2のシリコン基板101となるシリコン基板の表裏面

に、例えばシリコン窒化 ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) 膜、シリコン酸化 ( $\text{SiO}_2$ ) 膜等の保護膜 102、103 を形成し (図 2(a))、フォトリソグラフィおよびエッチング工程により裏面側の保護膜 103 にダイヤフラム部 207 形成のための開口部 104 を形成する (図 2(b))。そして、異方性エッチングにより開口部 104 からシリコン基板 101 の裏面をエッチングし、エッチング時間をコントロールして所望の膜厚を有するダイヤフラム部 207 を形成する (図 2(c))。

【0013】次いで、同様にフォトリソグラフィ及びエッチング工程により表面側の保護膜 102 にスルーホール 108 用の開口部 106 を形成する (図 2(d)) とともに、シリコン基板 101 の裏面に、例えばワックス等により保護膜 107 を形成する (図 2(e))。そして、等方性エッチングにより開口部 106 からシリコン基板 101 をエッチングしてスルーホール 108 を形成し (図 2(f))、保護膜 102、103、107 のすべてを溶解、除去して第 2 のシリコン基板 101 が完成する (図 2(g))。但し、ダイヤフラム部 207 及びスルーホール 108 の形成順序は任意であり、スルーホール 108 を先に形成してもよい。

【0014】一方、第 1 のシリコン基板 201 となるシリコン基板の表面に、各種半導体プロセスを経て赤外線検出部 203 及び電極取り出し部 202 を形成する (図 3(a))。次いで、第 1 のシリコン基板 201 の表面にレジスト 204 でパターンを形成し (図 3(b))、シリコン基板 201 及びレジスト 204 の表面にスパッタ等により低融点ガラス 205 を成膜する (図 3(c))。そして、レジスト 204 を除去して不要な部分の低融点ガラス 205 をリフトオフし、所望の位置に低融点ガラス 205 を残して第 1 のシリコン基板 201 が完成する (図 3(d))。

【0015】最後に、低融点ガラス 205 を介して第 1 のシリコン基板 201 及び第 2 のシリコン基板 101 をアーノーディックボンディングにより接合し、ウェハプロセスを終了する。この後は、ダイシング工程によりチップをセンサ単位に分割して図 1 に示すような赤外線センサが完成する (図 3(e))。

【0016】従って、本実施例では赤外線検出部 203 が形成された第 1 のシリコン基板 201 と赤外線フィルタ部 212 として作用するダイヤフラム部 207 が形成された第 2 のシリコン基板 101 とを直接接合、接着して赤外線センサを形成しているので、例えばこれを上述のカンパッケージ 2 に実装し、あるいは COB 実装により他の基板上に実装する際に赤外線フィルタの実装工程を省略できて工数の低下を図ることができ、結果として赤外線センサ全体のコスト低減に寄与することができる。また、本実施例の赤外線センサは、いわば赤外線フィルタをプリアッセンブリした状態で実装工程に移行することができるため、赤外線フィルタを別体で実装する

場合に比較して赤外線フィルタ部 212 を薄く形成することができ、ひいてはフィルタによる赤外光の減衰を小さく抑えることができる。

#### 【0017】—第 1 実施例の変形例—

図 4 は本発明による赤外線センサの第 1 実施例の変形例を示す断面図である。まず、図 4(a) に示す例では、上述の赤外線検出部 203 の上方に相当する第 2 のシリコン基板 101 の表面 (すなわち赤外線フィルタ部 212 の上面) に反射防止膜 270 が形成されている。

【0018】反射防止膜 270 は、周知の蒸着法、熱酸化法などによってフィルタ部 212 の上面に単層あるいは多層の膜を形成して構成される。反射防止膜 270 の材質は、空気／シリコン界面での反射損失を低減しうるもののが選択される。一例として、単層の膜で反射防止膜 270 が構成される場合、膜を形成する材質の屈折率を  $n_c$ 、膜厚を  $d_c$ 、使用する赤外光の波長を  $\lambda$  とすれば、 $n_c \cdot d_c = \lambda / 4$  のときに反射損失が最も小さくなり、このときの反射損失は

#### 【数 3】

$$\text{反射損失} = ((n_c^2 - n_0 \cdot n_{Si}) / (n_c^2 + n_0 \cdot n_{Si}))^2$$

( $n_{Si}$  : シリコンの赤外域での屈折率 = 3.43  
 $n_0$  : 大気の赤外域での屈折率 = 1 )

である。従って、反射防止膜 270 の材質としては、 $n_c^2 = n_0 \cdot n_{Si}$  を満足する材質、すなわち  $n_c = 1.85$  近傍の材質が好ましい。具体的には、 $\lambda = 10 \mu\text{m}$  とし、反射防止膜 270 の材質として  $ZnS$  (透過波長域 : 0.4~14  $\mu\text{m}$ 、屈折率  $n_{ZnS} = 2.25$ ) を用いれば、この  $ZnS$  膜の厚さ  $d_{ZnS} = \lambda / (4 \cdot n_c) = 1.1 \mu\text{m}$  となり、このときの反射損失は  $((2.25^2 - 1 \times 3.43) / (2.25^2 + 1 \times 3.43))^2 = 0.04$  となって反射損失を約 4 % まで低減することができる。

【0019】あるいは、目的の波長の赤外線のみを選択的に透過させ、波長選択性を増す目的で、赤外線フィルタ部 212 の上面に交互多層膜型フィルタを形成する場合は、シリコンの屈折率 ( $n_{Si} = 3.43$ ) よりも大きな屈折率を有する材料、例えば  $T_{e}$  (透過波長域 3.5~20  $\mu\text{m}$ 、屈折率  $n_{Te} = 5.6$ ) と、シリコンの屈折率よりも小さな屈折率を有する材料、例えば  $ZnS$  (透過波長域 : 0.4~14  $\mu\text{m}$ 、屈折率  $n_{ZnS} = 2.25$ ) とを交互に積層してフィルタを形成すればよい。この際、各材質の層の厚さは、それぞれ

$n_{Te} \cdot d_{Te} = \lambda / 4$ ,  $n_{ZnS} \cdot d_{ZnS} = \lambda / 4$  なる条件を満たすことが好ましく、例えば波長  $\lambda = 10 \mu\text{m}$  とすればそれぞれ  $d_{Te} = 0.45 \mu\text{m}$ ,  $d_{ZnS} = 1.1 \mu\text{m}$  となる。

【0020】その他にも、干渉フィルタを赤外線フィルタ部 212 の上面に形成して波長選択性を付加してもよく、また、これら反射防止膜 270 は、周知の蒸着法、スパッタ法、熱酸化法などにより容易に形成することができる。さらには、フィルタ部 212 の下面にも反射防

止膜 270 を形成することができる。

【0021】一方、図4(b)に示す例では、上述の赤外線吸収部 220 を有する構成の赤外線検出部 203 (P. M. Sarro et. al., TRANSDUCERS' 87, pp. 227~230 参照) を備えた赤外線センサにおいて、ダイヤフラム部 207 の上面に熱線反射膜 271 が形成されているとともに、赤外線吸収部 220 の上方に相当する領域の熱線反射膜 271 が取り除かれて赤外線取り入れ窓 272 が形成されている。この熱線反射膜 271 は、赤外線吸収部 220 による赤外線感知の感度を向上させ、かつ、誤動作を低減するために形成されるものであり、金属蒸着膜等により構成される。

【0022】また、上述した第1実施例（およびその変形例）の赤外線センサを製造する方法は上述の図2～図3に示した方法に限定されない。図5は、第1実施例の赤外線センサの他の製造方法を示す図である。まず、高不純物濃度のシリコン基板 301 の表面に低不純物濃度のシリコン膜 302 をエピタキシャル成長させ、このシリコン膜 302 の表面およびシリコン基板 301 の裏面にそれぞれ保護膜 303、304 を形成する（図5(a)）。次いで、シリコン膜 302 の表面に形成された保護膜 304 の一部を取り除いてスルーホール 108 形成用の開口部 305 を形成し（図5(b)）、この開口部 305 からシリコン膜 302 を貫通する溝 306 を反応性イオンエッティングにより形成する（図5(c)）。

【0023】さらに、シリコン基板 301 の裏面に形成された保護膜 303 の一部を取り除いてスルーホール 108 およびダイヤフラム部 207 形成用の開口部 310、311 をそれぞれ形成するとともに、保護膜 304 の表面に上述の溝 306 を埋めるワックス等の保護膜 307 を形成する（図5(d)）。そして、選択エッティング（例えば弗酸：硝酸：酢酸=1:3:8 のエッティング液による）により開口部 310、311 から高不純物濃度のシリコン基板 301 を等方的にエッティングする（図5(e)）。この後、保護膜 303、304、307 を全て除去すれば、第2のシリコン基板 101 が完成する（図5(f)）。

【0024】また、図6は、第1実施例の赤外線センサの他の製造方法を示す図である。まず、第2のシリコン基板 101 の両面にそれぞれ保護膜 102、103 を形成した（図6(a)）後、裏面側の保護膜 103 の一部を除去してスルーホール 108 およびダイヤフラム部 207 形成用の開口部 104、106 をそれぞれ形成する（図6(b)）。次いで、異方性エッティングにより開口部 104、106 からシリコン基板 101 をエッティングし、スルーホール 108（但し、この時点では完全に貫通していない）およびダイヤフラム部 207 を形成する（図6(c)）。なお、図示例は異方性エッティングによりダイヤフラム部 207 等を形成しているが、等方性エッティング、あるいは等方性選択エッティングにより形成して

よい。この後、保護膜 102、103 を全て除去して、第2のシリコン基板 101 がほぼ完成する（図6(d)）。

【0025】次いで、第1のシリコン基板 201 と第2のシリコン基板 101 を周知の手法により接合、接着した（図6(e)）後、ダイシングによりチップを素子単位に切断、分割する。この際、ダイシングによるハーフカッティングにより電極取り出し用の溝 320 を形成して、電極取り出し部 202 につながるスルーホール 108 を形成する（図6(f)）。

【0026】さらに、図7は、第1実施例の赤外線センサの他の製造方法を示す図である。まず、p型シリコン基板 330 の表面にエピタキシャル成長により n型シリコン基板 331 を形成し、n型シリコン基板 331 の表面および p型シリコン基板 330 の裏面にそれぞれ保護膜 102、103 を形成する（図7(a)）。次に、p型シリコン基板 330 の裏面に形成された保護膜 103 の一部を除去して、スルーホール 108 およびダイヤフラム部 207 形成用の開口部 104、106 をそれぞれ形成する（図7(b)）。次いで、エレクトロケミカルエッティングにより開口部 104、106 から第2のシリコン基板 201 をエッティングし、スルーホール 108（但し、この時点では完全に貫通していない）およびダイヤフラム部 207 を形成する（図7(c)）。この後、保護膜 102、103 を全て除去して、第2のシリコン基板 101 がほぼ完成する（図7(d)）。以降は、図6と同様の工程を経ることにより赤外線センサが完成する。

【0027】なお、上述のように反射防止膜 270 をダイヤフラム部 107 の上面に形成する場合は、保護膜 102 を形成する前に反射防止膜 270 を形成してもよく、あるいは、第2のシリコン基板 101 を完成した後であってもよい。

#### 【0028】— 第2実施例 —

図8は、本発明の赤外線センサの第2実施例を示す断面図である。なお、以下の説明において、上述の第1実施例と同様の構成要素については同一の符号を付し、その説明を省略する。図8(a)に示す例は、本発明の赤外線センサをいわゆるサーモバイル型赤外線センサに適用した例であり、赤外線を吸収してこれを熱に変換する赤外線吸収部 221 の下部に空洞 209 が形成され、ダイヤフラム部 207 の下部に形成された空洞 210 とあいまって、この赤外線吸収部 221 の上下が空洞 209、210 で取り囲まれた熱分離構造になっている。なお、赤外線吸収部 221 の下部にある空洞 209 は、周知の表面マイクロマシーニング法により形成される (Technical Digest of the 9th Sensor Symposium (1990), pp. 71 ~74 参照)。

【0029】本実施例では、赤外線吸収部 221 の上部にある空洞 210 は、その内部が略真空状態となっている。空洞 210 の内部を真空にするには、上述の第1の

シリコン基板 201 および第 2 のシリコン基板 101 を真空中で接合、接着すればよい。

【0030】従って、本実施例によっても、上述した第 1 実施例と同様の作用効果を得ることができる。加えて、本実施例では、熱分離構造の赤外線吸収部 221 が略真空状態の空洞 210 と接した状態にあるため、この空洞 210 がいわば断熱層として作用することにより赤外線吸収部 221 の熱分離度を向上させ、ひいては赤外線センサの感度向上に寄与することができる、という優れた利点がある。また、本実施例の赤外線センサは、こわれやすい熱分離構造の赤外線吸収部 221 を第 2 のシリコン基板 101 で保護した構造となっているので、実装工程での不良発生を低減できて歩留りの向上にも寄与する。

【0031】一方、図 8(b)に示す例は、同様に本発明の赤外線センサをいわゆるサーモパイル型赤外線センサに適用した例であり、赤外線検出部 203 の一部がカンチレバー（片持ち梁）状に形成されて熱分離構造とされ、このカンチレバーパー部 208 の先端に赤外線吸収部 221 が設けられている。カンチレバーパー部 208 の下部は、第 1 のシリコン基板 201 裏面からのマイクロマシーニングによりくり抜かれている (P. M. Sarro et al., TRANSDUCERS' 87, pp. 227~230 参照)。第 1 のシリコン基板 201 の裏面には第 3 の基板 250 が接着、接合されており、この第 3 の基板 250 とカンチレバーパー部 208 との間に空洞 211 が形成されている。なお、第 3 の基板の材質はシリコンに限定されず、ガラス基板など任意の基板が適用可能である。

【0032】本実施例では、赤外線吸収部 221 の上下にある空洞 210、211 は、その内部がそれぞれ略真空状態となっている。空洞 210、211 の内部を真空にするには、上述の第 1 のシリコン基板 201、第 2 のシリコン基板 101 および第 3 の基板をそれぞれ真空中で接合、接着すればよい。従って、図 8(b)に示す例によても、図 8(a)と同様の作用効果を得ることができる。

### 【0033】—第 3 実施例—

図 9 は、本発明による赤外線センサの第 3 実施例を示す図であり、赤外線センサチップの FC (フリップチップ) 実装の例を示す断面図である。

【0034】図において、401 は第 1 のシリコン基板、404 は第 1 のシリコン基板 401 の上に形成された第 2 のシリコン基板である。第 1 のシリコン基板 401 の裏面には赤外線を選択的に検出する赤外線検出部 411 が形成されているとともに、赤外線検出部 411 の周囲の第 1 のシリコン基板 401 には、シリコン基板 401 の裏面から赤外線検出部 411 の上方の第 2 のシリコン基板 404 の裏面にまで至る空洞 409 が形成されている。したがって、この空洞 409 に接する部分の第 2 のシリコン基板 404 は、上述の各実施例と同様に赤

外線フィルタ 410 として作用する。なお、本実施例の赤外線検出部 411 は、図 10(d)に示すように、赤外線吸収部 412 が赤外線を吸収して自身の温度が上昇したことをポリシリコンダイオード 406 により検出する構成である。413 は実装用ボードであり、この実装用ボード 413 の表面にはハンドバンプ 414 を介して第 1 のシリコン基板 401 の裏面が電気的に接続された状態で実装されている。

【0035】次に、図 10 を参照して本実施例の赤外線センサの製造方法について説明を行う。なお、図 10 では図 9 と上下を逆にして図示している。

【0036】まず、図 10(a)に示すように、第 1 のシリコン基板 401 となる p 型基板の裏面（図中では上面）に、たとえば熱酸化法、CVD 法などにより酸化膜 402 を形成し、この酸化膜 402 上にポリシリコンからなる犠牲層 403 を形成する。一方、p 型基板 401 の表面（図中では下面）には第 2 のシリコン基板 404 となる n 型エピタキシャル層を形成する。

【0037】次いで、図 10(b)に示すように、酸化膜 402 および犠牲層 403 の上面に CVD 法などによりシリコン窒化 ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) 膜 405 を形成し、ついでシリコン窒化膜 405 の上面にポリシリコン層を堆積した後、フォトリソグラフィー、エッティング工程により犠牲層 403 上方にあるポリシリコン層の一部を残してポリシリコン層を除去し、ポリシリコンダイオード 406 を形成する。そして、シリコン窒化膜 405 およびポリシリコンダイオード 406 の上面にさらにシリコン窒化膜 407 を形成する。

【0038】次いで、図 10(c)に示すように、ドライエッティング工程などによりシリコン窒化膜 407 の上面から犠牲層 403 にまで至る開口部 408 を形成した後、弗酸および硝酸からなる混合酸により犠牲層 403 を全てエッティングして除去する。

【0039】さらに、図 10(d)に示すように、n 型エピタキシャル層 404 にバイアス電圧を印加しつつ、ヒドラジン等のアルカリ液により開口部 408 から n 型エピタキシャル層 404 の界面にまで至る p 型基板 401 をエレクトロケミカルエッティングし、空洞 409 および赤外線フィルタ 410 を形成する。最後に、空洞 409

により熱分離構造とされたシリコン窒化膜 407 の上面に赤外線吸収能を有する赤外線吸収部 412 を形成してウエハプロセスを終了する。この後は、ダイシング工程によりチップをセンサ単位に分割して図 9 に示すような赤外線センサが完成する。

【0040】以上のような構成の赤外線センサにあっては、図 9 の上方から入射する入射光 L は赤外線フィルタ 410 として作用する第 2 のシリコン基板 404 を透過して赤外線のみが空洞 409 内に至り、この赤外線は赤外線検出部 411 の赤外線吸収部 412 により吸収されて赤外線検出部 411 の温度を上昇させる。赤外線検出

部411の温度上昇はポリシリコンダイオード406により検出され、これにより赤外線の検出が行われる。したがって、本実施例によても、上述の各実施例と同様の作用効果を得ることができる。

【0041】なお、本実施例においても、上述の各実施例と同様に、赤外線フィルタ410の反射損失を低減させる目的でフィルタ410の膜厚を適宜設定することができ、加えて、反射防止膜をフィルタ410の表面に形成してもよい。また、本実施例ではエレクトロケミカルエッティングにより空洞409を形成したが、アルカリ液により第1のシリコン基板401を異方性エッティングし、エッティング時間によりそのエッティング領域を制御してもよい。

#### 【0042】－第3実施例の変形例－

図11および図12は本発明による赤外線センサの第3実施例の変形例を示す断面図である。

【0043】まず、図11に示す例では、第1のシリコン基板401と支持基板513とが直接接合、接着されて固定されている。支持基板513の上面には、第1のシリコン基板401側の空洞409に対応した形状の凹部514が形成されており、これら空洞409および凹部514により赤外線検出部411を取り囲む空洞が形成されている。第1のシリコン基板401と支持基板513とを接合、接着する手法は周知のものから適宜選択すればよい。アーノーディックボンディング（陽極接合）法を用いる場合、支持基板513を耐熱ガラスで形成すれば第1のシリコン基板401の接合面を清浄鏡面仕上げすればよく、あるいは、他の金属基板等の導電性基板で支持基板を形成すればその接合面にスパッタ法などで耐熱ガラス膜を形成すればよい。なお、赤外線検出部411との電気接続は、ハンダバンプをシリコン基板401と支持基板513との間に介在させた状態でこれら基板401および支持基板513を接合すればよい。他の接合方法としては、接着剤による接着、半田付けなどがある。

【0044】図11に示す例では、赤外線検出部411が完全に外気から遮断されており、風や熱対流の影響を受けにくく、低ノイズで安定した特性が得られて正確な計測が可能となる。加えて、破損しやすい構造の赤外線検出部411が外部に露出していないため、実装工程でのセンサの破損等を抑制できて歩留りの向上に寄与する。また、真空中で第1のシリコン基板401と支持基板513とを接合すれば、空洞409内を概ね真空とすることができ、赤外線検出部411の熱抵抗を大きくきて高感度化を図ることができる。

【0045】一方、図12に示す例では、図11の構成に加えて赤外線フィルタ410の表面にピエゾ拡散抵抗601を付加したものであり、ピエゾ拡散抵抗601は、赤外線フィルタ410に作用する応力を検出して空洞409内の真密度あるいはリークの有無を検出する圧

力センサとして作用する。したがって、ピエゾ拡散抵抗601の検出信号を用いて赤外線センサの故障診断あるいは出力信号の補正を行い、計測精度の向上を図ることができる。

【0046】なお、本発明の赤外線センサは、その細部が上述の各実施例に限定されず、種々の変形例が可能である。一例として、赤外線検出部の構成は任意であり、周知のものが適用可能である。また、赤外線検出部を有する半導体基板が赤外線フィルタ部として作用するシリコン基板を兼ねる構成でもよい。

#### 【0047】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明によれば、赤外線検出部を有する半導体基板の表面に赤外線フィルタ部として作用するシリコン基板を一体に設けて赤外線センサを構成しているので、いわば赤外線フィルタをプリアッセンブリした状態の赤外線センサを実現することができる。従って、赤外線センサの実装工程時に赤外線フィルタの実装工程を省略できて工数の低下を図ることができ、結果として赤外線センサ全体のコスト低減に寄与することができる。加えて、本発明の赤外線センサは、赤外線フィルタを別体で実装する場合に比較して赤外線フィルタ部を薄く形成することができ、ひいてはフィルタによる赤外光の減衰を小さく抑えることができる。また、請求項2の発明によれば、空洞内部の真空層により赤外線検出部の熱分離度を向上させることができ、センサ全体の感度向上に寄与しうる。また、請求項3、4の発明によれば、赤外線フィルタ部における赤外線の反射損失を低減することができ、これもまたセンサ全体の感度向上に寄与しうる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例である赤外線センサを示す断面図である。

【図2】第1実施例の赤外線センサの製造方法の一例を説明するための工程図である。

【図3】図2と同様の工程図である。

【図4】第1実施例の変形例を示す断面図である。

【図5】第1実施例の赤外線センサの製造方法の他の例を説明するための工程図である。

【図6】第1実施例の赤外線センサの製造方法の他の例を説明するための工程図である。

【図7】第1実施例の赤外線センサの製造方法の他の例を説明するための工程図である。

【図8】本発明の第2実施例である赤外線センサを示す断面図である。

【図9】本発明の第3実施例である赤外線センサを示す断面図である。

【図10】第3実施例の赤外線センサの製造方法を説明するための工程図である。

【図11】第3実施例の変形例を示す断面図である。

【図12】第3実施例の他の変形例を示す断面図であ

る。

【図13】従来の赤外線センサの一例を示す断面図である。

【符号の説明】

- 101、404 第2のシリコン基板
- 108 スルーホール
- 201、401 第1のシリコン基板
- 202 電極取り出し部
- 203、411 赤外線検出部

205 低融点ガラス

207 ダイヤフラム部

208 カンチレバ一部

209~211、409 空隙

212、410 赤外線フィルタ部

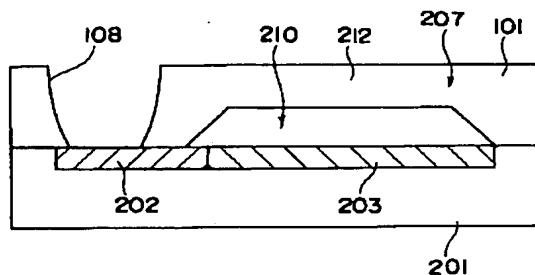
220、221、412 赤外線吸収部

250 第3の基板

270 反射防止膜

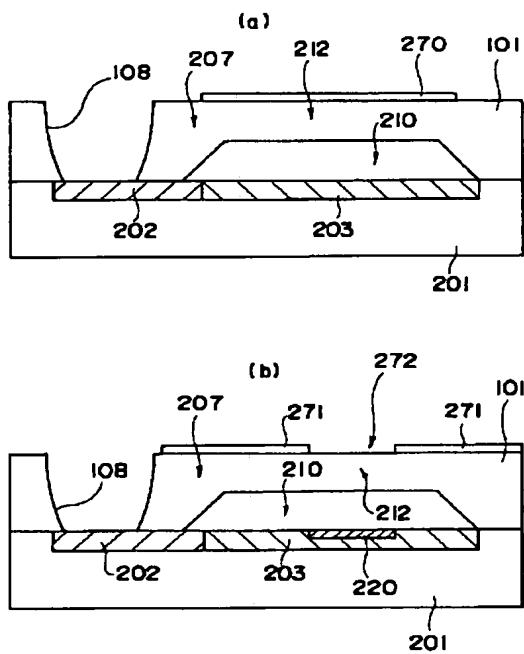
271 热線反射膜

【図1】

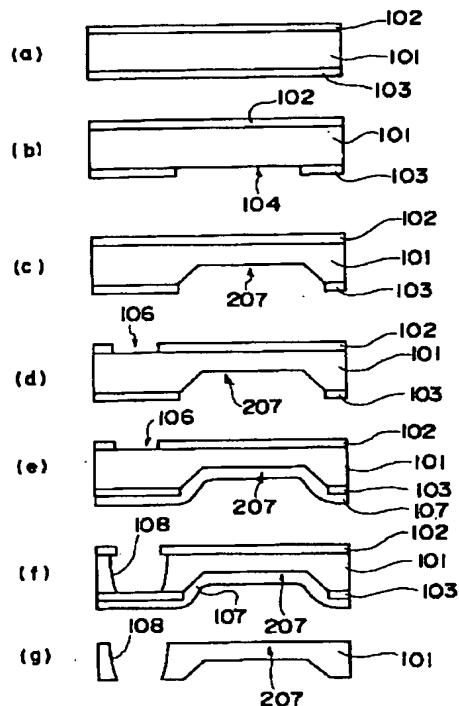


- 101: 第2のシリコン基板
- 102: 第1のシリコン基板
- 203: 赤外線検出部
- 210: 空洞
- 212: 赤外線フィルタ部

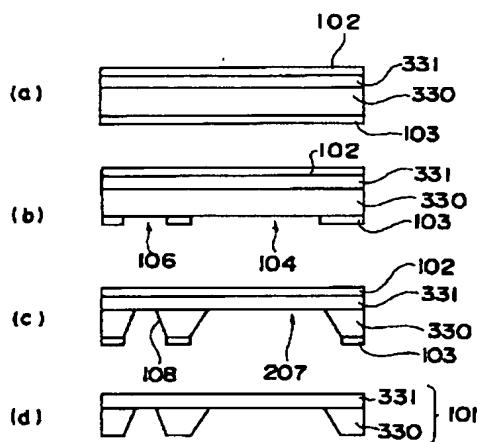
【図4】



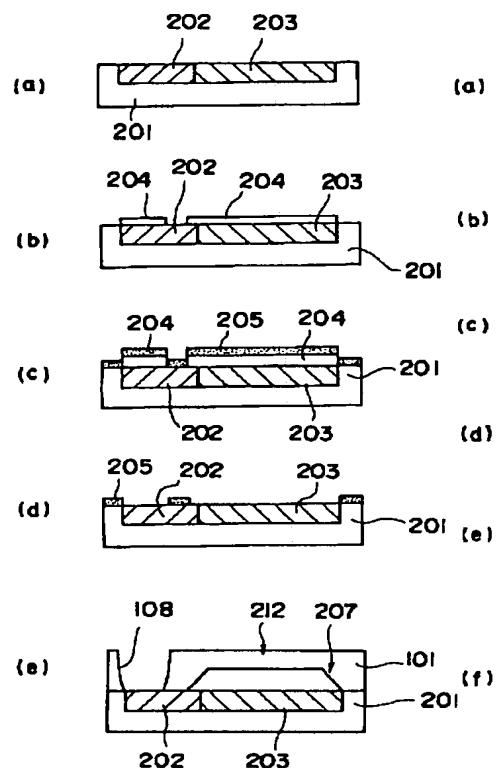
【図2】



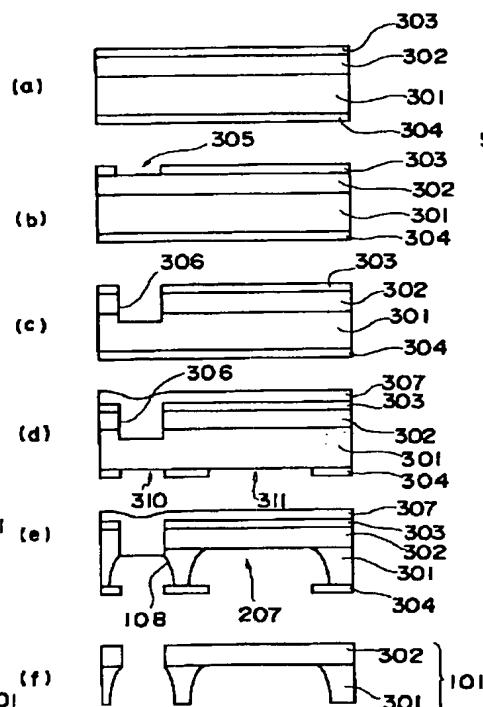
【図7】



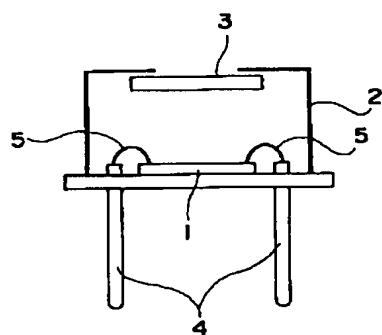
【図3】



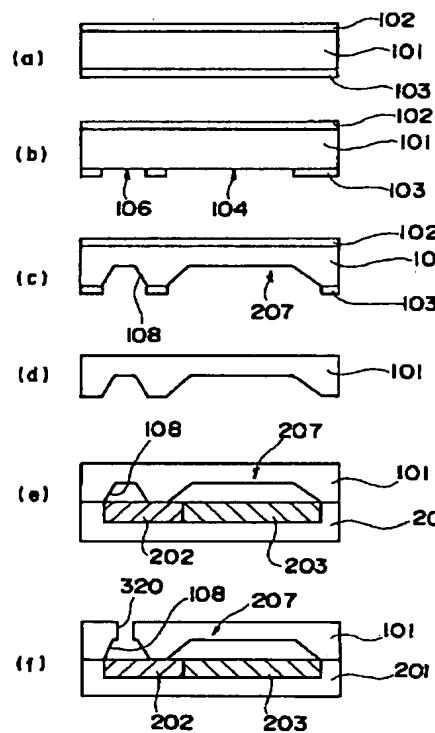
【図5】



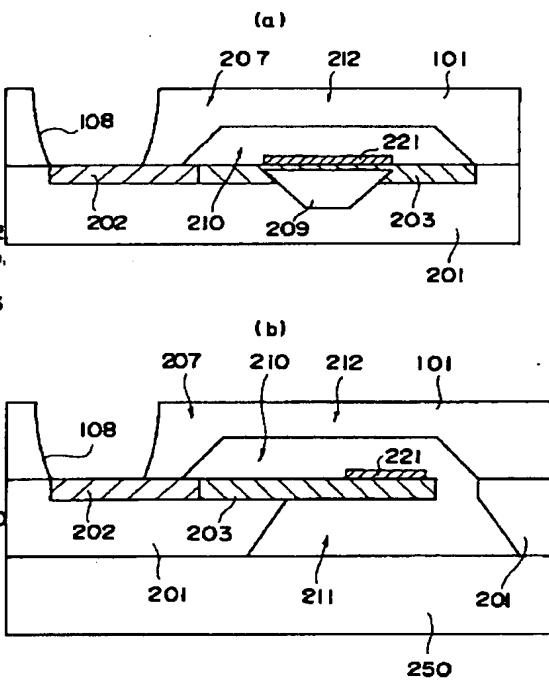
【図13】



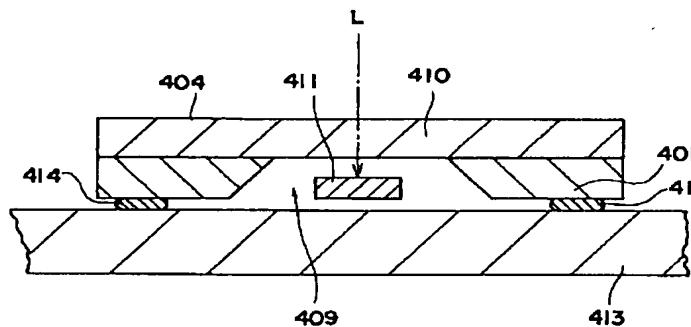
【図6】



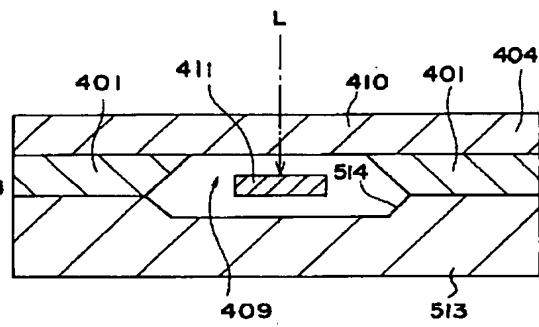
【図8】



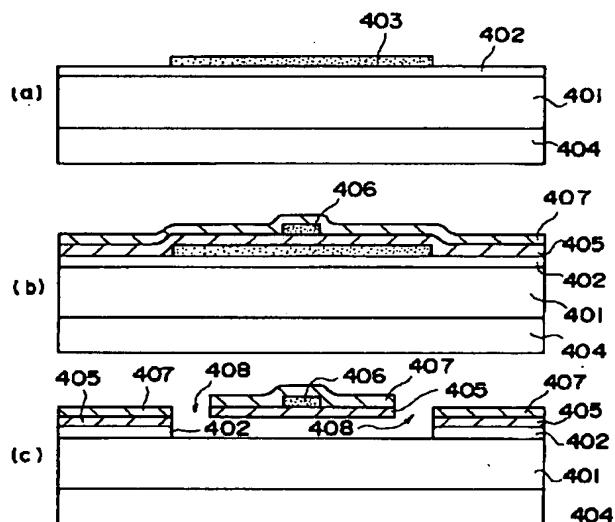
【図9】



【図11】



【図10】



【図12】

